

MITIGATION ENGINEERING OF SURFACE RUNOFF ON THE TYPOLOGY OF SETTLEMENTS AND TRADE OF SERVICE

TEKNIK MITIGASI LIMPASAN PERMUKAAN PADA TIPOLOGI LAHAN PERMUKIMAN DAN PERDAGANGAN-JASA

Ligal Sebastian¹⁾, Supli Effendi Rahim²⁾, Dedik Budianta³⁾, Halim PKS³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Doktor-PLP, Bidang Kajian Utama Konservasi Tanah dan Air, PPS UNSRI

²⁾ Promotor Pada Program Studi Doktor Pengelolaan Lahan Pertanian (PLP), PPS Universitas Sriwijaya

³⁾ Co-Promotor Pada Program Studi Doktor Pengelolaan Lahan Pertanian (PLP), PPS Universitas Sriwijaya

ABSTRACT

The research was motivated by the fact that small-scale floods occur everywhere, including in the city of Palembang. Uncontrolled surface runoff has been clearly understood as the cause of the flooding. The experts have been trying to find ways to overcome these problems, but have not done in an integrated manner. The main objective of this research was to study the surface runoff mitigation techniques in 2 (two) types of land use. The research method used, the study of literature, field surveys, and artificial rainfall experiment (rainfall simulator) on two types of land use with mitigation techniques in the treatment of rain harvesting, infiltration wells, infiltration biopori hole and green roofs. The results showed that the settlement of land acquired most of the holes infiltration biopori mitigate runoff that is equal to 338.33 liters or 54.71% of the control, whereas for the land of the trade-service known to infiltration wells to mitigate most of the runoff that is equal to 428.67 liters or 42.35% of the control. Based on the test contrast, surface runoff mitigation techniques in residential and commercial – services land shows no signs of the dominant technique to each other. It is predicted that the factors causing the artificial rainfall intensities given in the experimental design including the criteria for very thick (62.54 mm), so that mitigation techniques are not able to manage the water with a maximum. In addition, soil types categorized easily water saturated makes very little the water is absorbed and the rest confined to the surface runoff.

Key words: surface runoff, mitigation techniques, the typology of land use

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kenyataan bahwa banjir berskala kecil terjadi dimana-mana, termasuk di Kota Palembang. Tidak terkendalinya limpasan permukaan telah dipahami dengan jelas sebagai penyebab terjadinya banjir tersebut. Para ahli telah mencoba menemukan jalan keluar untuk mengatasi masalah tersebut, tetapi belum dilakukan secara terpadu. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mempelajari teknik mitigasi limpasan permukaan pada 2 (dua) tipe penggunaan lahan. Metode penelitian yang digunakan, yaitu studi literatur, survei lapangan, dan percobaan hujan buatan (*rainfall simulator*) pada dua tipe penggunaan lahan dengan perlakuan teknik mitigasi panen hujan, sumur resapan, lubang resapan biopori dan atap hijau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada lahan permukiman didapat lubang resapan biopori paling besar mitigasi limpasan yaitu sebesar 338,33 liter atau sebesar 54,71% dari kontrol, sedangkan untuk lahan perdagangan-jasa diketahui sumur resapan paling besar memitigasi limpasan yaitu sebesar 428,67 liter atau 42,35% dari kontrol. Berdasarkan uji kontras, teknik mitigasi limpasan permukaan pada lahan permukiman dan perdagangan-jasa menunjukkan tidak adanya perlakuan teknik yang dominan satu sama lainnya. Hal tersebut diprediksi faktor yang menyebabkannya adalah intensitas curah hujan buatan yang diberikan dalam rancang percobaan termasuk kriteria sangat lebat (62,54 mm), sehingga teknik mitigasi yang ada tidak mampu mengelola air dengan maksimal (terjadinya *flooding*). Selain itu, jenis tanah yang terkategori mudah jenuh air membuat air yang terserap terbatas dan sisanya menjadi limpasan permukaan.

Kata-kata kunci: limpasan permukaan, teknik mitigasi, dan tipologi penggunaan lahan

PENDAHULUAN

Kebutuhan lahan di kawasan perkotaan saat ini, semakin meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan kegiatan sosial ekonomi. Peningkatan kebutuhan lahan ini merupakan implikasi dari semakin beragamnya peran dan fungsi dari perkembangan fisik di kawasan perkotaan yang meliputi penggunaan lahan pertanian/perkebunan dan lahan non-pertanian seperti permukiman, pemerintahan, perdagangan dan jasa serta industri.

Sejalan dengan permintaan dan pemenuhan kebutuhan lahan, terjadi pergeseran fungsi atau alih fungsi yang terjadi di kawasan perkotaan dan pinggiran yaitu lahan yang tadinya diperuntukkan sebagai kawasan hutan, daerah resapan air dan pertanian perkebunan berubah fungsi menjadi kawasan komersial. Adapun potensi dampak yang dapat terjadi akibat perubahan penggunaan lahan tersebut adalah timbulnya dan dominannya limpasan permukaan meliputi rusaknya lahan produktif/erodibilitas lahan (pertanian/perkebunan, ladang dan tegalan), dan banjir/genangan lokal di berbagai kawasan permukiman. Apabila dikaitkan dengan terjadinya banjir yang disebabkan oleh rendahnya kemam-

puan infiltrasi tanah, sehingga menyebabkan tanah tidak mampu lagi menyerap air. Selain itu, terjadinya banjir juga dapat disebabkan oleh limpasan permukaan yang meluap dan volumenya melebihi kapasitas pengaliran sistem drainase atau sistem aliran sungai (Haryani, et al., 2008).

Para ahli telah mencoba menemukan jalan keluar untuk mengatasi masalah tersebut, tetapi belum dilakukan secara terpadu. Sehubungan dengan permasalahan yang terjadi, maka diperlukan teknis pengendalian atau mitigasi limpasan permukaan ditujukan untuk mencegah, mengurangi adanya potensi limpasan yang dominan dan mereduksi genangan yang dapat terjadi secara lebih besar. Berdasarkan studi literatur dan beberapa penelitian lainnya, maka teknik mitigasi limpasan permukaan yang dapat digunakan sebagai salah satu teknik pengendalian limpasan permukaan pada tiga tipologi lahan perkotaan diantaranya adalah sistem panen hujan, sumur resapan, atap hijau (*green roof*) dan lubang resapan biopori.

Sistem panen hujan pada prinsipnya melihat hujan (sebagai sumber atau *source*) ditampung pada areal tangkapan (*catchment area*), selanjutnya diteruskan atau disalurkan (menggunakan *con-*

veyance) kepada sub-sistem penyimpanan atau penampungan (*storage*). Menurut Waterfall (2007) panen hujan dapat dilakukan pada wilayah parkir (*parking area*), atap bangunan atau rumah, bentang lahan dan sebagainya. Sistem panen hujan bukan saja cocok dan berpeluang untuk dikembangkan di wilayah beriklim kering. Di Indonesia yang beriklim basah sangat berpeluang untuk melakukan panen hujan. Pada suatu lahan dapat dirancang sistem panen hujan baik untuk tempat yang merupakan kawasan dataran tinggi (*high point*), demikian juga dengan kawasan dataran lebih rendah (*low points*). Kawasan lebih rendah dapat dijadikan areal yang dapat dijadikan wilayah yang akan diberi irigasi atau dibangun sub-sistem penampungan air hujan yang berasal dari kawasan tinggi dan atap. Kawasan berlereng serupa dengan kawasan atap bangunan yang dapat digunakan untuk mengarahkan air hujan ke kawasan penampungan atau *holding area* (Rahim dan Halim, 2008).

Sumur resapan akan memberikan dampak berkurangnya limpasan permukaan. Air hujan yang jatuh ke atas permukaan genteng tidak langsung mengalir ke selokan atau halaman rumah tetapi dialirkan melalui seng terus ditampung kedalam sumur resapan. Akibat yang bisa dirasakan adalah air hujan tidak menyebar ke halaman atau selokan sehingga akan mengurangi terjadinya limpasan permukaan (Indriatmoko, 1999). Selain itu, *United State Environmental Protection agency* (2009) mengadakan penelitian atap hijau untuk mengelola limpasan permukaan, dimana membandingkan kuantitas dan kualitas air dari limpasan permukaan dari atap hijau dengan atap datar dari aspal. Hasilnya menyatakan bahwa atap hijau mampu memindahkan 50% dari volume air hujan tahunan dari atap melalui penyimpanan dan evapotranspirasi. Air hujan yang disimpan oleh atap hijau dihambat laju alirannya melalui penambahan waktu untuk mencapai puncak aliran secara efektif dan memperlambat aliran puncak air hujan ke badan air. Penelitian ini belum mempelajari pengaruh jenis tanaman terhadap volume dan laju limpasan permukaan.

Sibarani dan Bambang (2009) mengadakan penelitian lubang resapan biopori untuk menentukan laju resap air berdasarkan variasi umur dan jenis sampah. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa jenis sampah kulit buah dengan umur sampah 14 hari lebih besar dalam meresapkan limpasan permukaan dengan laju resap air sebesar $1,463 \times 10^{-4}$ l/dt/cm². Karakteristik dan muka air tanah dalam hal ini sangat berpengaruh besar atas hasil kinerja lubang resapan biopori.

Berdasarkan hasil dan banyaknya konsep dalam upaya melakukan pengendalian limpasan dari beberapa peneliti diatas, maka diperlukan teknik mitigasi limpasan permukaan untuk meminimalisir permasalahan banjir di Kota Palembang. Selanjutnya penelitian ini bertujuan untuk mempelajari teknik-teknik mitigasi limpasan permukaan pada 2 (dua) tipologi penggunaan lahan.

METODE PENELITIAN

Penelitian tahap ini dilakukan dengan menggunakan studi literatur, survei lapangan, dan eksperimen percobaan hujan buatan (*rainfall simulator*) di Laboratorium. Penelitian ini telah dilakukan dengan percobaan hujan buatan (*rainfall simulator*) yang disajikan sebagai bagian dari modifikasi rancangan hujan buatan yang dilakukan oleh Rahim (2003) tentang modifikasi hujan buatan. Percobaan hujan buatan dirancang dengan merujuk beberapa literatur dan arahan dari penelitian lainnya.

Perancangan Hujan Buatan

Percobaan hujan buatan dirangkai dengan menggunakan bahan-bahan sederhana, terdiri dari: 12 alat penyemprot air (*nozzle*), pipa PVC 0,5 inchi, satu buah pompa air, satu buah meteran air untuk mengetahui debit pengaliran, sumber air dari kolam sehingga debit air dibuat konstan, satu buah rumah percobaan, dan satu buah tampungan air limpasan permukaan yang dipasang di bagian depan rumah percobaan. Luas lahan untuk percobaan adalah 20 m² (namun karena proses penataan lokasi, sehingga luas

bersih lokasi rancangan menjadi 17,86 m²). Lihat Gambar-1 foto lokasi percobaan, Gambar-2 pengukuran curah hujan pada lokasi percobaan, dan Gambar-3 denah rancangan hujan percobaan dengan jumlah hujan titik (*point of rainfall*) uji coba sebanyak 12 titik. Selanjutnya dilakukan percobaan hujan buatan melalui sistem aliran konstan selama 1 jam untuk setiap percobaannya dan kemudian hasilnya dirata-rata sebagai hujan wilayah (*area rainfall*). Hujan daerah inilah yang dipakai sebagai standar untuk mengukur limpasan yang terjadi.



Gambar 1. Lokasi percobaan

Pemakaian Curah hujan dan debit rencana

Debit air masuk direncanakan sebesar 1 m³/jam dengan curah hujan rencana 50 mm/jam. Curah hujan tersebut sudah termasuk sangat lebat berdasarkan kriteria intensitas curah hujan dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Hasil pengukuran curah hujan di Laboratorium dalam satu jam diperoleh intensitas curah hujan rerata sebesar 62,54 mm atau 0,06254 m (sudah diatas rencana) sehingga diperoleh volume air hujan sebesar 1,11698 m³. Volume air dalam satu jam juga dihitung menggunakan meteran air dengan empat ulangan diperoleh nilai 1,1428 m³ (sudah di atas rencana), sehingga perbedaan volume air masuk dengan volume air hujan (1,1428 m³ - 1,11698 m³) sebesar 0,02582 m³ atau 25,82 liter. Dengan demikian persentase selisih antara volume air masuk dikurangi volume air hujan dengan volume air hujan didapat $[(0,02582 \text{ m}^3 / 1,11698 \text{ m}^3) \times 100\%]$ sebesar 2,31%. Oleh karena persentase selisih yang kecil (2,31%), maka volume air yang diambil adalah volume air hujan yaitu 1,11698 m³.



Gambar 2. Pengukuran curah hujan

Rancangan Perlakuan Pada Lahan Percobaan

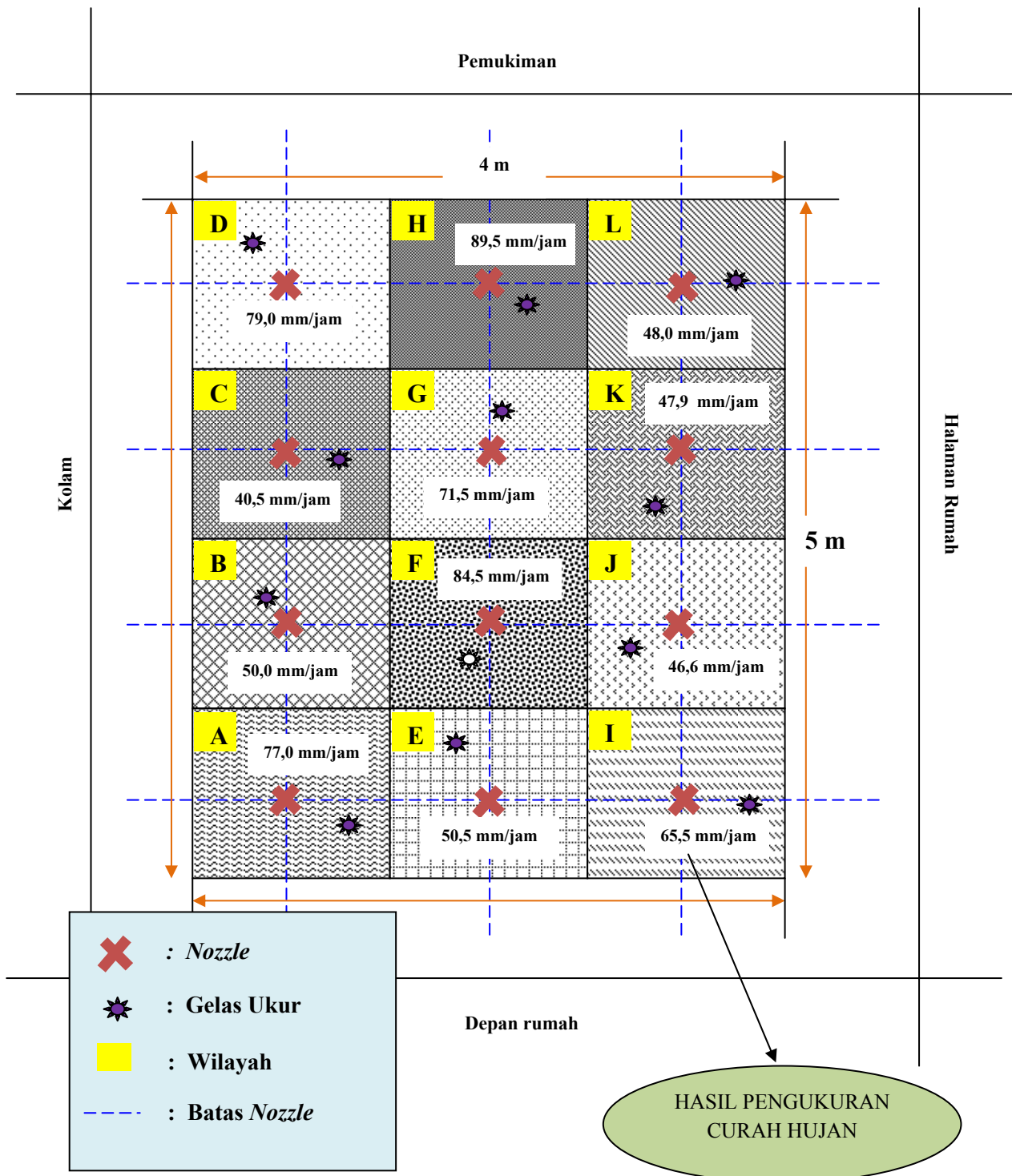
Perlakuan dengan empat teknik mitigasi, yaitu sistem panen hujan, sumur resapan, lubang resapan biopori dan atap hijau diterapkan pada tipologi penggunaan lahan kawasan permukiman dan perdagangan-jasa. Percobaan hujan buatan dengan parameter yang diamati yaitu volume limpasan yang mengalir ke tampungan dan perlakuan teknik mitigasi untuk tiap tipologi penggunaan lahan dengan tiga ulangan.

a. Untuk rancangan teknik Mitigasi pada permukiman:

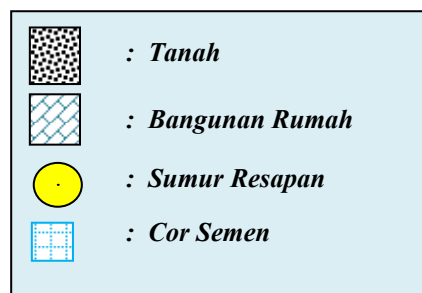
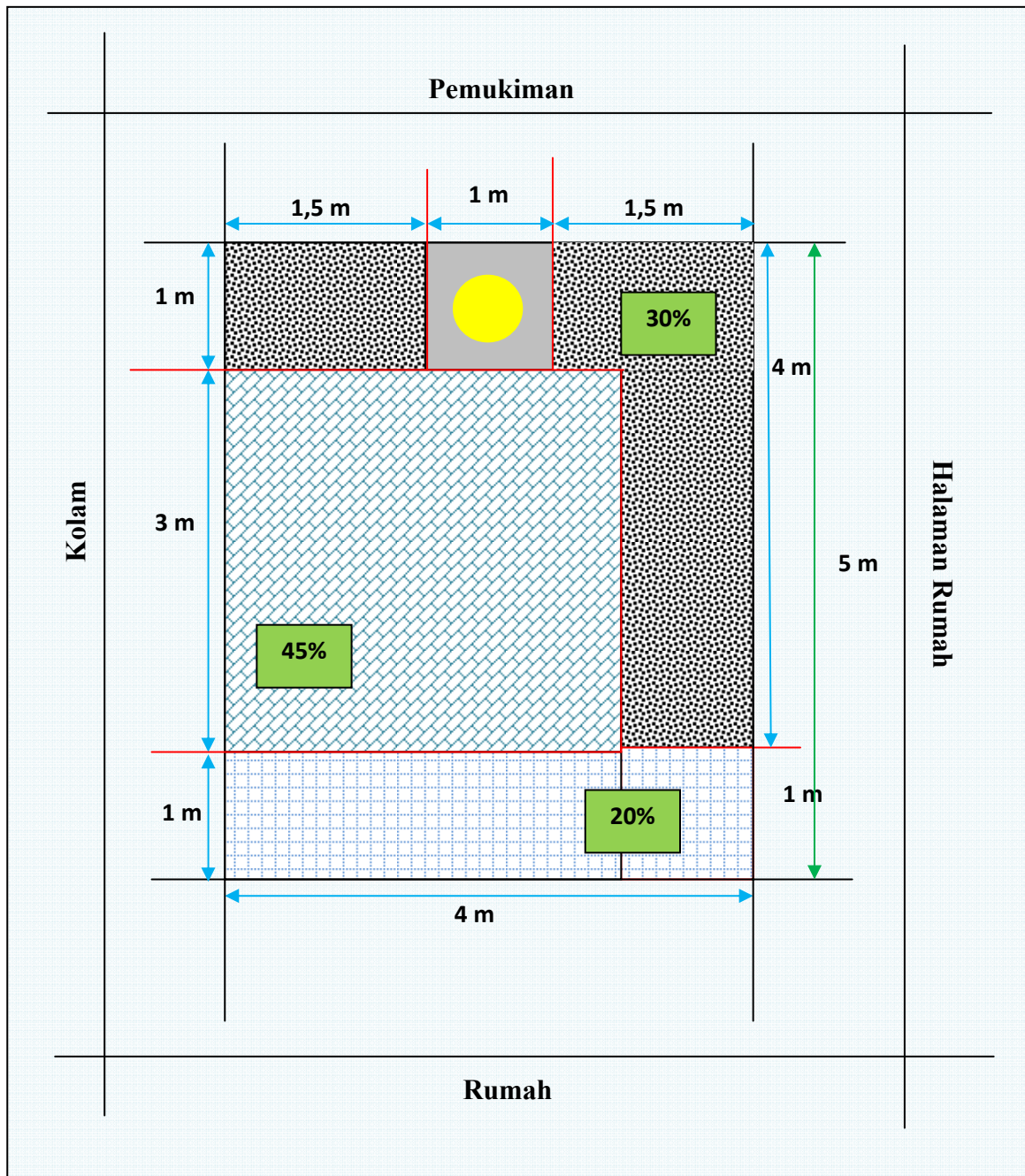
1. M₀ = Kontrol lahan kosong
2. M₁ = Panen Hujan

- 3. M₂ = Sumur Resapan
- 4. M₄ = Lubang Resapan Biopori
- b. Untuk rancangan teknik Mitigasi kawasan pada Perdagangan-Jasa:

- 1. M₀ = Kontrol lahan kosong
- 2. M₁ = Panen Hujan
- 3. M₂ = Sumur Resapan
- 4. M₃ = Atap Hijau

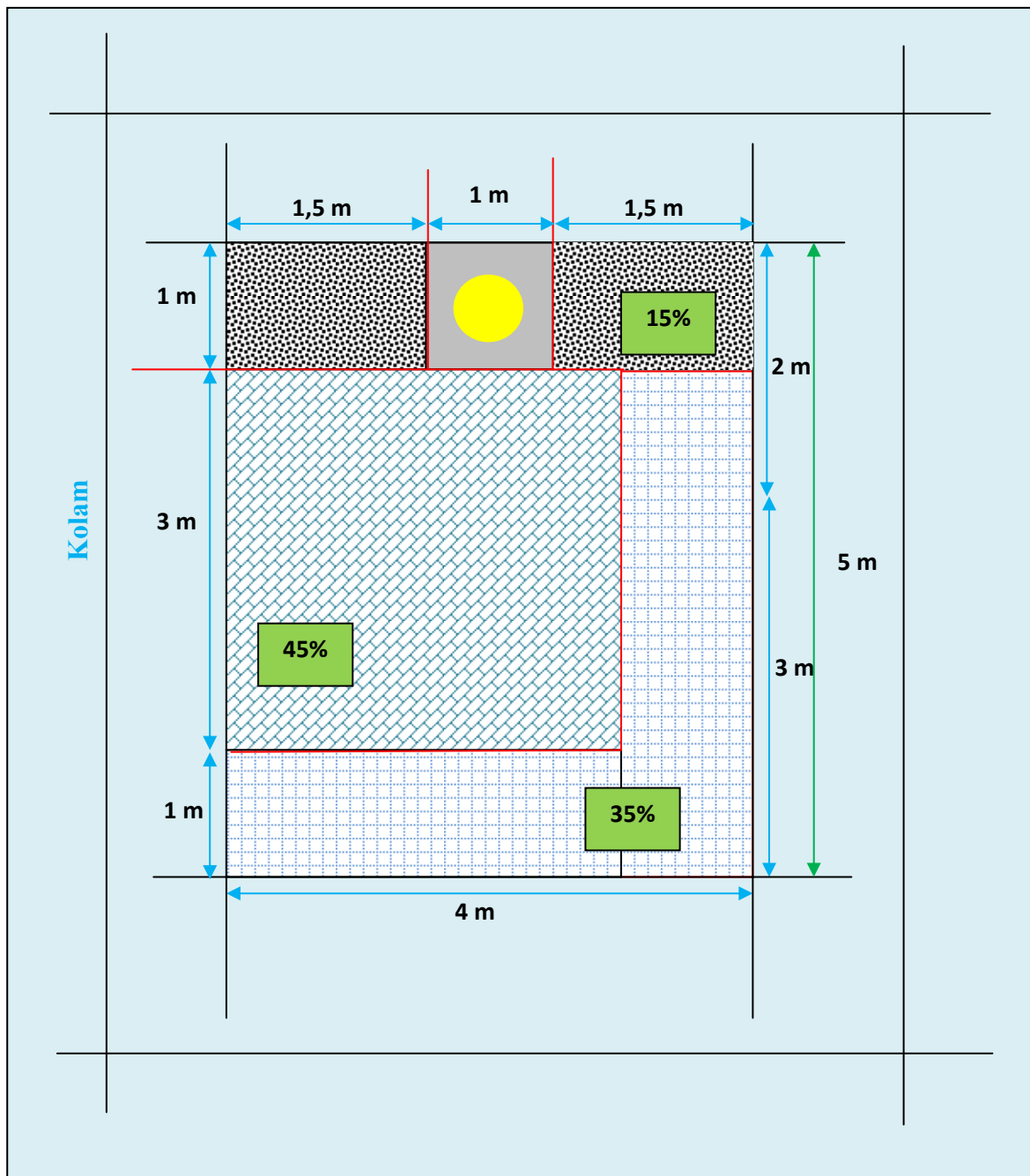






Gambar 3. Denah Rancangan Hujan Percobaan



Luas Pemukiman = $15 \text{ m} \times 12 \text{ m} = 180 \text{ m}^2 = 1.800.000 \text{ cm}$
 Luas ukuran konversi pemukiman = $5 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 20 \text{ m}^2 = 200.000 \text{ cm}$
 Jadi, Perbandingan Skala = $20 \text{ m}^2 : 180 \text{ m}^2 = 200.000 \text{ cm} : 1.800.000 \text{ cm} = 1 : 9$
 Volume Sumur Resapan = $3,6 \text{ m}^3 : 9 = 0,4 \text{ m}^3$

Gambar 4. Denah Rancangan Percobaan Pada Kondisi Pemukiman



<p>Luas Area Perdagangan = 25 m x 16 m = 400 m²</p> <p>Luas ukuran konversi pemukiman = 5 m x 4 m = 20 m²</p> <p>Jadi, Skala = 20 m² : 400 m² = 1 : 20</p>		: Tanah
		: Perdagangan
		: Sumur Resapan
		: Cor Semen

Gambar 5. Denah Rancangan Percobaan Pada Kondisi Pertokoan

Rancangan Teknik Mitigasi

1) Kondisi Lahan Sebenarnya berdasarkan survei lapangan.

Berdasarkan hasil rata-rata dari survei lapangan, terdapat lahan eksisting (permukiman dan perdagangan-jasa) dengan luas 120 m² sampai dengan 300 m² dengan kondisi tutupan bangunan sekitar 45% dari total luas lahan, digunakan sebagai perbandingan untuk rancangan percobaan, denah rancangan percobaan untuk kondisi pemukiman dapat dilihat pada Gambar 4. Selain itu, teknik mitigasi sumur resapan, panen hujan dan biopori diterapkan pada lahan permukiman dan untuk lahan perdagangan-jasa diterapkan teknik mitigasi sumur resapan, panen hujan dan atap hijau. Selanjutnya perencanaan dimensi teknik mitigasi pada lahan seluas 400 m² dengan skala geometrik 1 : 5 disajikan dalam Tabel 1. Sedangkan untuk rancangan percobaan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Dimensi Teknik Mitigasi dalam Ukuran Sebenarnya

Jenis Mitigasi	Diameter (m)	Panjang (m)	Ke-dalaman (m)	Keterangan
Sumur resapan	0,70	2,50	1,50	Bagian bawah sumur diberi campuran pasir dan kerikil untuk mempercepat peresapan air.
Panen Hujan	0,70	2,50	1,50	Bagian bawah kedap air sehingga air bisa dimanfaatkan.
Biopori	0,2	-	1,00	Jumlah lubang sebanyak 30 lubang dengan jarak antar lubang 2 m.
Atap Hijau	-	-	0,05-0,15	Luasan penggunaan disesuaikan dengan luasan atap dan jenis vegetasi disesuaikan dgn ketahanan bangunan dan kemampuan tumbuh.

Sumber: Hasil Kajian Berbagai Literatur, 2010. (Brata, dkk. 2009; Gureti dan Pamela, 2009; Sitanala, 2010; Suripin, 2001; Dede, dkk. 2004; Nawawi, 2004; Maryono, 2005; Irianto, 2006; Darsono, 2011)
Keterangan: Jumlah Lubang Biopori = (intensitas hujan x luas bidang kedap): laju peresapan air perlubang.

2) Kondisi Modifikasi Pada Lahan Percobaan

Lahan percobaan dengan ukuran 4 m x 5 m = 20 m² dijadikan model pada lahan dengan ukuran 4,7 m x 3,8 m = 17,86 m², sehingga didapatkan skala geometrik antara model dengan lahan adalah 1 : 5. Sehingga ukuran dimensi terlihat dalam tabel 2. Selain itu, untuk teknik mitigasi atap hijau dengan ketebalan tanah 7,5cm diterapkan pada lahan perdagangan-jasa dengan kondisi luasan bangunan 45% dari total luas lahan, sehingga luas bangunan 7,1 m². Adapun denah rancangan percobaan untuk kondisi lahan perdagangan-jasa dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 2. Dimensi Teknik Mitigasi dalam Rancang Percobaan

Jenis Mitigasi	Diameter (m)	Panjang (m)	Ke-dalaman (m)	Keterangan
Sumur resapan	0,14	0,5	0,3	Bagian bawah sumur diberi campuran pasir dan kerikil untuk mempercepat peresapan air.
Panen Hujan	0,14	0,5	0,3	Bagian bawah ditutup lapisan plastik sehingga air tidak keluar.
Biopori	0,04	-	0,2	Jumlah lubang sebanyak 30 lubang dgn jarak antar lubang 0,4 m.
Atap Hijau	-	-	0,075	Luasan penggunaan disesuaikan luasan atap dan jenis vegetasi digunakan rumput.

Sumber: Rancangan Teknik Mitigasi, 2011.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan teknik mitigasi pada tiga tipologi penggunaan lahan

Pemilihan teknik mitigasi limpasan permukaan yang digunakan berdasarkan kesesuaian pada tipologi penggunaan lahan. Walaupun demikian, belum ada satu jenis teknik mitigasi yang dapat menyelesaikan semua masalah limpasan permukaan. Setiap jenis teknik memiliki keterbatasan berdasarkan volume limpasan permukaan yang dikelola, ketersediaan lahan, jenis tanah, kemiringan lahan, dan kedalaman muka air tanah. Selain itu, pertimbangan yang teliti untuk pemilihan teknik mitigasi adalah penting sesuai dengan jenis lahan yang ada.

Hasil dari studi literatur terhadap beberapa jenis teknik mitigasi limpasan permukaan pada tipologi penggunaan lahan disajikan dalam Tabel 3.

Selanjutnya dari Tabel 3 menggambarkan bentuk dan kesesuaian teknik yang digunakan untuk percobaan pada beberapa tipologi penggunaan lahan, dengan pertimbangan kondisi atau faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan, yaitu berdasarkan bentuk atau objek fisik jenis penutupan lahan (vegetasi dan tutupan lainnya), jenis tanah, tekstur tanah, kemiringan lahan dan termasuk kemampuan meresapkan/meloloskan air (permeabilitas-infiltrasi).

Perlakuan Teknik Mitigasi pada Permukiman dan Perdagangan-jasa

Pengaruh teknik mitigasi limpasan permukaan secara individu pada dua tipologi lahan ditampilkan pada tabel 4 berikut.

Tabel 3. Penyesuaian Teknik Mitigasi Limpasan Permukaan Pada Penggunaan Lahan

No	Tipologi Penggunaan Lahan	Pengendalian Limpasan Permukaan	Alasan Kesesuaian atau Ketidakesesuaian untuk Penerapannya
1	Perdagangan-Jasa	Atap Hijau	Bisa diterapkan karena terdapat banyak bangunan

		dengan atap beton dan datar sehingga mampu menahan beban tanah dan tanaman di atasnya.	
	Lubang Resapan Biopori	Tidak bisa diterapkan karena ruang terbuka banyak tertutup bangunan dan lahan parkir umumnya tertutup dengan lapisan semen.	
	Sumur Resapan	Bisa diterapkan karena hanya membutuhkan tempat yang kecil di dekat saluran air (tidak membutuhkan lahan yang luas).	
	Panen Hujan	Bisa diterapkan karena terdapat banyak bangunan dengan atap beton dan datar sehingga air hujan yang mengalir dari atap dapat ditampung pada tangki air.	
2	Permukiman	Atap Hijau	Tidak bisa diterapkan pada bangunan perumahan karena atap genteng atau seng umumnya tidak dirancang untuk dapat menahan tanah dan tanaman. Bangunan permukiman juga memiliki tingkat kemiringan yang tinggi sehingga sulit dan mahal dalam penerapan konstruksi atap hijau.
	Lubang Resapan Biopori	Bisa diterapkan pada pekarangan rumah atau ruang terbuka lainnya di lingkungan permukiman karena pada lahan permukiman umumnya masih terdapat lahan kosong.	
	Sumur Resapan	Bisa diterapkan pada setiap rumah karena tidak membutuhkan lahan yang luas atau dibuat sumur resapan kolektif pada lingkungan perumahan berupa kolam retensi.	
	Panen Hujan	Bisa diterapkan pada bangunan dengan atap seng atau genteng dan air hujan yang mengalir dari atap dapat ditampung pada tangki air.	

Sumber: Analisis berbagai literatur, 2011. (Brata, dkk. 2009; Gureti dan Pamela, 2009; Suripin, 2001; Dede, dkk. 2004; Nawawi, 2004; Maryono, 2005; Irianto, 2006; Sitanala, 2010; Darsono, 2011)

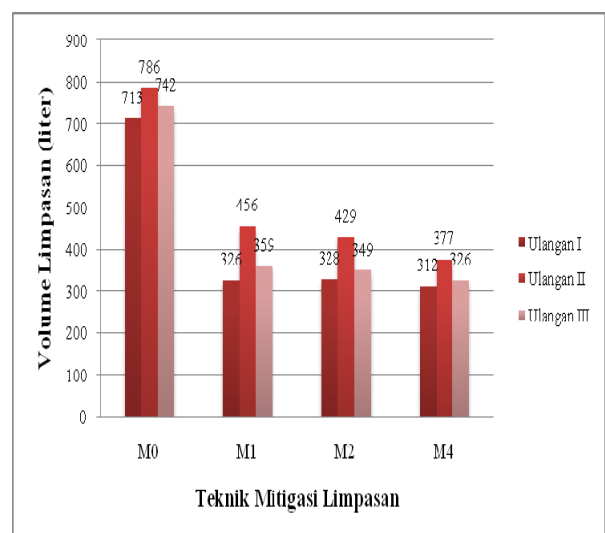
Tabel 4. Rata-rata Volume Limpasan permukaan dari percobaan

Perlakuan (Teknik mitigasi)	Rata-rata Volume Limpasan Permukaan (liter)
<i>Pemukiman (L₁)</i>	
M ₀ (Lokal Kontrol)	747
M ₁ (Panen Hujan)	380,33
M ₂ (Sumur Resapan)	368,67
M ₄ (Biopori)	338,33
<i>Perdagangan & Jasa (L₂)</i>	
M ₀ (Lokal Kontrol)	743,67
M ₁ (Panen Hujan)	459,33
M ₂ (Sumur Resapan)	428,67
M ₃ (Atap Hijau)	443,33

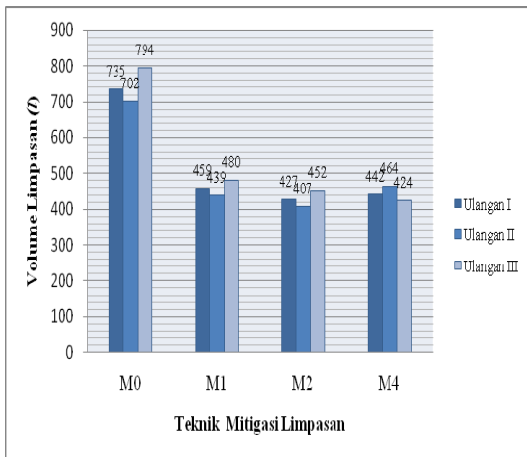
Sumber: Hasil percobaan lapangan, 2011

Dari tabel tersebut diperoleh hasil yang berbeda dari tiap penggunaan lahan. Berdasarkan rata-rata volume limpasan permukaan yang diperoleh dari tiga kali ulangan menunjukkan bahwa untuk lahan permukiman didapat teknik mitigasi lubang resapan biopori yang paling besar memitigasi limpasan permukaan yaitu sebesar 338,33 liter atau sebesar 54,71 % dari kontrol lahan kosong tanpa teknik mitigasi. Sedangkan untuk lahan perdagangan-jasa diketahui teknik mitigasi sumur resapan paling besar memitigasi limpasan sebesar 428,67 liter atau 42,35 % dari kontrol lahan kosong tanpa teknik mitigasi. Dengan demikian teknik mitigasi telah menurunkan volume limpasan permukaan hampir 50% untuk kedua jenis penggunaan lahan tersebut.

Selanjutnya dalam Gambar 6 dan Gambar 7, dijelaskan bahwa terjadi pengaruh teknik mitigasi terhadap rerata volume limpasan permukaan pada lahan permukiman dan perdagangan-jasa, dimana hal ini disebabkan adanya perbedaan penutupan lahan. Penutupan lahan di lahan perdagangan-jasa sebagian besar (85%) sebagai lahan kedap air (bangunan dan cor semen), sisanya berupa tanah terbuka sebesar 15%.



Gambar 6. Hubungan Pengaruh Teknik Mitigasi terhadap Rataan Volume Limpasan Permukaan pada Lahan Permukiman



Gambar 7. Hubungan Pengaruh Teknik Mitigasi terhadap Rataan Volume Limpasan Permukaan pada Lahan Perdagangan-Jasa

Sedangkan untuk penutupan lahan di pemukiman berupa 60% lahan kedap air (bangunan dan cor semen), 25% lahan terbuka dan 15% vegetasi/rumput (lihal lampiran denah penutupan lahan permukiman dan perdagangan-jasa). Adanya vegetasi (rumput) pada lahan pemukiman sebagai penutupan lahan secara efektif mampu mengabsorpsi air hujan, mempertahankan laju infiltrasi (Foth, 1984). Nilai Kapasitas Retensi Air (KRA) lahan bervegetasi lebih besar dibanding lahan tidak bervegetasi (Agus, 2004). Selanjutnya untuk mengetahui besarnya pengaruh pengujian teknik mitigasi terhadap dua tipologi penggunaan lahan per-

mukiman dan perdagangan-jasa ditampilkan pada Tabel 5 berikut ini.

Pada Tabel 5 diperoleh hubungan pengaruh dari bentuk teknik mitigasi untuk kedua jenis tipologi lahan adalah berbeda nyata pada taraf 1%. Hal ini berarti perlakuan teknik mitigasi terhadap volume limpasan permukaan berpengaruh sangat nyata terhadap lahan pemukiman (L_1) dan perdagangan-jasa (L_2). Dengan demikian, teknik mitigasi yang dilakukan pada tiap penggunaan lahan telah memberikan perubahan terhadap volume limpasan permukaan. Dengan demikian sistem panen hujan, sumur resapan, atap hijau, dan lubang resapan lubang resapan biopori dapat digunakan sebagai alternatif dalam mitigasi limpasan permukaan.

Selanjutnya dari data tersebut dilakukan pengujian terhadap gabungan dari teknik mitigasi yang dilakukan terhadap tipologi lahan untuk mengetahui hubungan dan pengaruh terhadap potensi limpasan yang terjadi. Hal tersebut disajikan dalam tabel 6.

Sedangkan pada Tabel 6 menunjukkan berdasarkan hasil analisa secara gabungan bahwa teknik mitigasi berpengaruh sangat nyata terhadap volume limpasan permukaan pada kedua penggunaan lahan (pemukiman dan perdagangan-jasa). Dari hasil analisa tersebut dapat disimpulkan perlakuan teknik mitigasi dapat diterapkan pada kedua jenis penggunaan lahan.

Berdasarkan Tabel 7, menunjukkan bahwa pada lahan permukiman respon K_1 sebagai Lokal kontrol (M_0) terhadap kombinasi perlakuan teknik mitigasi (M_1 , M_2 , dan M_4), memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap volume limpasan permukaan. Hal ini berarti bahwa perlakuan teknik mitigasi menyebabkan terjadi perbedaan volume limpasan permukaan, walaupun untuk K_2 dan K_3 tidak berbeda nyata yang berarti tidak ada perlakuan teknik mitigasi yang dominan satu sama lainnya.

Tabel 5. Hasil Analisis Sidik Ragam (uji F) Individu Teknik Mitigasi terhadap Lahan Permukiman dan Perdagangan-Jasa

Sumber keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-Hitung	F- Tabel	
					0,05	0,01
<i>Pemukiman (L_1)</i>						
Ulangan	2	18296,17	9148,08			
Teknik Mitigasi	3	335556,92	111852,31	430,25**	4,76	9,78
galat	6	1559,8333	259,97			
<i>Perdagangan & Jasa (L_2)</i>						
Ulangan	2	2434,5	1217,25			
Teknik Mitigasi	3	203761,58	67920,53	89,17**	4,76	9,78
galat	6	4570,1667	761,69			

Keterangan : * = nyata pada taraf 5%, ** = berbeda nyata pada taraf 1%,

Tabel 6. Hasil Analisis Sidik Ragam (uji F) Gabungan dari Teknik Mitigasi terhadap Lahan Permukiman dan Perdagangan-Jasa

Sumber keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-Hitung	F- Tabel	
					0,05	0,01
Lahan (L)	1	21720,17	21720,17			
Ulangan (r) dalam lahan	4	20730,67	5182,67			
Teknik Mitigasi (p) dalam lahan	6	539318,5	89886,42	175,96**	3,00	4,82
Galat Gabungan	12	6130	510,83			
Umum	23	201755,27				

Keterangan : ** = berbeda nyata pada taraf 1%,

Sedangkan untuk lahan perdagangan-jasa respon K_1 sebagai Lokal kontrol (M_0) terhadap kombinasi perlakuan teknik mitigasi (M_1 , M_2 , dan M_3), memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap volume limpasan permukaan. Hal ini berarti adanya perlakuan teknik mitigasi menyebabkan terjadi perbedaan volume limpasan permukaan, walaupun untuk K_2 dan K_3 tidak berbeda nyata yang berarti tidak ada perlakuan teknik mitigasi yang dominan satu sama lainnya.

Dilihat dari kedua penjelasan tersebut dapat diprediksikan bahwa faktor yang menyebabkan tidak adanya teknik mitigasi lebih dominan daripada yang lainnya disebabkan karena intensitas curah hujan buatan yang diberikan dalam percobaan termasuk kriteria sangat lebat (62,54 mm) sehingga teknik mitigasi yang

ada tidak mampu mengelola air dengan maksimal (terjadinya *flooding*). Selain itu, jenis tanah yang terkategori mudah jenuh air membuat air yang terserap terbatas dan sisanya menjadi limpasan permukaan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengkaji teknik-teknik mitigasi yang dibuat secara kombinasi untuk setiap penggunaan lahan, misalnya untuk lahan permukiman; teknik panen hujan dengan sumur resapan, panen hujan dengan lubang resapan biopori, sumur resapan dengan lubang resapan biopori, dan panen hujan dengan sumur resapan dan lubang resapan biopori. Sedangkan lahan perdagangan-jasa meliputi: teknik panen hujan dengan sumur resapan, panen hujan dengan atap hijau, sumur resapan dengan atap hijau, dan panen hujan dengan sumur resapan dan atap hijau.

Tabel 7. Hasil Uji-F Kontras Teknik Mitigasi terhadap Volume Limpasan yang Mengalir ke Tampungan

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-Hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
Lahan (L)	1	21720	21720			
Ulangan (r) dalam lahan	4	20730,67	5182,67			
Teknik Mitigasi (p) dalam lahan	6	539318,5	89886,42	175,96**	3,00	4,82
Pemukiman (L1)						
K1 (M_0 vs M_1 , M_2 , M_4)	1	332736,69	332736,69	651,36**	4,75	9,33
K2 (M_1 vs M_2)	1	204,16667	204,17	0,40 ^{tn}	4,75	9,33
K3 (M_2 vs M_4)	1	1380,1667	1380,17	2,70 ^{tn}	4,75	9,33
Perdagangan (L₂)						
K1 (M_0 vs M_1 , M_2 , M_3)	1	202350,03	202350,03	396,12**	4,75	9,33
K2 (M_1 vs M_2)	1	1410,6667	1410,67	2,76 ^{tn}	4,75	9,33
K3 (M_2 vs M_3)	1	322,66667	322,67	0,63 ^{tn}	4,75	9,33
Galat Gabungan	12	6130	510,83333			
Umum	23	1126303,6				

** = berbeda nyata pada taraf 1%, tn = tidak berbeda nyata

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Teknik mitigasi yang dapat digunakan untuk mengendalikan limpasan permukaan, diantaranya; sistem panen hujan, sumur resapan, lubang biopori dan atap hijau. Pada lahan permukiman didapat teknik mitigasi lubang biopori yang cenderung paling besar memitigasi limpasan yaitu sebesar 338,33 liter atau sebesar 54,71% dari kontrol lahan kosong tanpa teknik mitigasi, sedangkan untuk lahan perdagangan-jasa diketahui teknik mitigasi sumur resapan cenderung paling besar memitigasi limpasan sebesar 428,67 liter atau 42,35% dari kontrol lahan kosong tanpa teknik mitigasi.

Berdasarkan uji kontras, teknik mitigasi limpasan permukaan pada lahan permukiman dan perdagangan-jasa menunjukkan tidak adanya perlakuan teknik yang dominan satu sama lainnya, oleh karena itu diprediksi faktor yang menyebabkannya adalah intensitas curah hujan buatan yang diberikan dalam rancang percobaan termasuk kriteria sangat lebat (62,54 mm), sehingga teknik mitigasi yang ada tidak mampu mengelola air dengan maksimal (terjadinya *flooding*). Selain itu, jenis tanah yang terkategori mudah jenuh air membuat air yang terserap terbatas dan sisanya menjadi limpasan permukaan.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengkaji teknik-teknik mitigasi yang dibuat secara kombinasi untuk setiap penggunaan lahan, misalnya untuk lahan permukiman; teknik panen hujan dengan sumur resapan, panen hujan dengan lubang resapan biopori, sumur resapan dengan lubang resapan biopori, dan panen hujan dengan sumur resapan dan lubang resapan biopori. Sedangkan pada lahan perdagangan-jasa meliputi; teknik panen hujan dengan sumur resapan, panen hujan dengan atap hijau, sumur resapan dengan atap hijau, dan panen hujan dengan sumur resapan dan atap hijau.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2010). "Pengantar Lubang resapan biopori". (<http://www.lubangresapanbiopori.com>, diakses tanggal 8 September 2010).
- Sitanala, Asdak. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press. Bogor.
- Brata, Kamir Raziudin. (1992). "Pemanfaatan Jerami Sebagai Mulsa Vertikal Untuk Pengendalian Aliran Permukaan, Erosi Dan Kehilangan Unsur Hara Dari Pertanian Lahan Kering." *Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian IPB*. Bogor.

- Darsono, Suseno. (2007). "Sistem Pengelolaan Air Hujan Yang Ramah Lingkungan." *Jurnal Teknik Keairan*. Vol. 13 No. 4 Desember 2007.
- Dede, Rohmat dan Indiatmo Soekarno. (2004). "Pendugaan Limpasan Hujan Pada Cekungan Kecil Melalui Pengembangan Persamaan Infiltrasi Kolom Tanah." *Makalah PIT HATMI XXI*, 2004. Denpasar, Bali.
- Gureti, Pamela. (2009). "Studi Efektivitas Sumur Resapan dalam Mengurangi Air Limpasan Hujan: Studi Kasus Kota Surabaya." Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Haryani, Suryo., Fajar Yulianto dan Anneke. (2008). "Analisis Tingkat Rawan Banjir di Propinsi Jawa Timur Dari Data Penginderaan Jauh dan SIG." *Bidang Pemantauan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*. PIT MAPIN XVII, Bandung, 10-12-2008.
- Indriatmoko, Haryono. (2010). *Teknologi Konservasi Air Tanah Dengan Sumur Resapan*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Irianto, Gatot. (2006). *Pengelolaan Sumber Daya Lahan dan Air Strategi Pendekatan dan Pendayagunaannya*. Badan Penelitian dan Pengem. Pertanian, Papas Sinar Sinanti, Jakarta.
- Maryono, Agus. (2005). *Menangani Banjir, Kekeringan dan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.
- Nawawi, Amrayadi. (2004). "Analisis Pemanfaatan Lahan Kota Palembang (Studi Kasus Pemanfaatan Lahan Untuk Perumahan di Kota Palembang)." Tesis, Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia. Jakarta.
- Rahim. (2003). *Pengendalian Erosi Tanah Dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Rahim dan Halim, P.K.S. (2008). "Panen Hujan Di Lahan Rawa Secara Terpadu." *Makalah Seminar Pertemuan Tahunan Ilmiah HITI*, Palembang 17-18 Desember 2008.
- Sibarani dan Bambang, S. (2009). "Penelitian Lubang resapan biopori Untuk Menentukan Laju Resap Air Berdasarkan Variasi Umur Dan Jenis Sampah." Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Fak. Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Suripin. (2001). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Andi Offset, Yogyakarta.
- United State Environmental Protection Agency. (2009). "Green Roofs for Stormwater Control." (<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r09026/600r09026.pdf>, diakses 6 September 2010).
- Waterfall, P.H. (2007). *Rainfall Harvesting For Landscape Use*. John Willey and Sons, New York.